Исхаков Линар – Ижевск, ЭМЛ 29,
Ненашев Денис – Камчатский край, школа 8 Елизовского муниципального района,
Косинов Никита – Ульяновск, многопрофильный лицей 20,
Семенов Тимофей – Иркутск, лицей 36 ОАО «Российские железные дороги»,
Рябцева Мария – Москва, СУНЦ МГУ,
Бусыгин Игорь – Ижевск, ЭМЛ 29,
Кравцов Дмитрий – Москва, СУНЦ МГУ,
Салихов Аяз – Казань, лицей 131,
Александрова Екатерина – Иваново, лицей 33,
Коротин Александр – Самара, медико-технический лицей,
Абугалиев Ренат – Самара, медико-технический лицей,
Лазарев Денис – Долгопрудный, ФМЛ 5,
Лежнин Михаил – Санкт-Петербург, лицей «ФТШ»,
Лопатников Алексей – Москва, СУНЦ МГУ,
Миронов Максим – Ижевск, ЭМЛ 29,
Сандрикова Мария – Москва, Центр образования 218,
Хайруллин Рустэм – Казань, гимназия 7;

по 11 классам –
Бурова Ольга – Москва, лицей «Вторая школа»,
Малясова Виктория – Москва, СУНЦ МГУ,
Циглер Александр – Магнитогорск, школа 5 с углубленным изучением математики,
Балобанов Арсений – Москва, СУНЦ МГУ,
Хомутов Никита – Москва, СУНЦ МГУ,
Миронов Михаил – Москва, Центр образования «Пятьдесят седьмая школа»,
Осипов Матвей – Ульяновск, многопрофильный лицей 20,
Морозков Алексей – Челябинск, лицей 31,
Бесман Дмитрий – Москва, СУНЦ МГУ,
Гонин Роман – Московская обл., Раменское, гимназия,
Великанов Дмитрий – Москва, СУНЦ МГУ,
Королев Николай – Казань, лицей им. Н.И.Лобачевского при КГУ,
Мукосеева Екатерина – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,
Чикин Владимир – Нижний Новгород, лицей 36,
Юркин Виктор – Курган, областной лицей-интернат для одаренных детей,
Ермишкина Екатерина – Москва, гимназия 1543,
Забиякин Иван – Санкт-Петербург, ФМЛ 239,
Зайцев Константин – Челябинск, лицей 31,
Корчемкин Дмитрий – Киров, лицей 21,
Кунявский Павел – Саратов, ФТЛ 1,
Минеев Дмитрий – Москва, Центр образования «Пятьдесят седьмая школа».

Публикацию подготовили Н.Агаханов, И.Богданов, П.Кожевников, О.Подлипский, Д.Терёшин

Заключительный этап XLV Всероссийской олимпиады школьников по физике

Ниже приводятся условия задач теоретического тура и список победителей и призеров олимпиады.

Теоретический тур

9 класс

Задача 1. Спуск по желобу

Небольшое тело отпустили без начальной скорости в некоторой точке M гладкого изогнутого желоба. Оторвавшись от желоба в точке O, оно упало на пол в точке A (рис.1). С помощью построений и расчетов покажите на рисунке положение точки M желоба, в которой тело было отпущено. Каково расстояние (в условных единицах) от пола до точки M? Масштабы по осям рисунка даны в некоторых условных единицах.

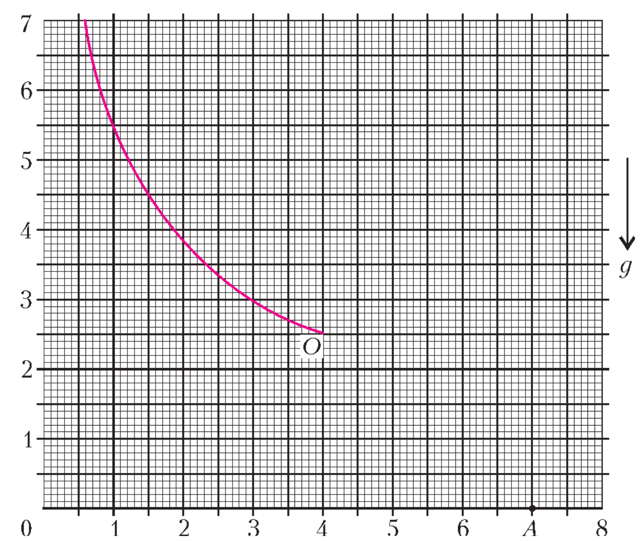

Рис. 1

И.Воробьев

Задача 2. Шайба и горка

Небольшая шайба, скользящая по гладкой горизонтальной поверхности, наезжает на гладкую горку, покоящуюся на той же поверхности (рис.2). После того как шайба соскользнула с горки, оказалось, что шайба и горка движутся по гладкой горизонтальной поверхности с одинаковыми по модулю скоростями.


Рис. 2

1) Определите, при каком соотношении масс шайбы и горки это возможно.

2) Найдите отношение максимальной потенциальной энергии, которая была у шайбы во время подъема на горку, к начальной кинетической энергии шайбы.

Примечание. Во время подъема и спуска шайба не отрывается от горки.

А.Шеронов

Задача 3. Циклический теплообмен

Имеются два теплоизолированных сосуда с водой. Теплоемкость всей массы воды в первом сосуде C_1, ее температура t_1. Теплоемкость и температура воды во втором сосуде C_2 и

t_2 соответственно. Во втором сосуде кроме воды находится брусок, теплоемкость которого C. Брусок вынимают из второго сосуда и погружают в первый сосуд. После установления теплового равновесия брусок возвращают во второй сосуд. Соотношение между теплоемкостями таково: $C_1 : C_2 : C = 4{:}5{:}1$. Пренебрегая теплообменом с окружающими телами, определите:

1) какое минимальное количество таких циклов нужно сделать, чтобы разность температур $(t_2 - t_1)_n$ уменьшилась не менее чем в $N = 25$ раз;

2) какая температура воды установится в сосудах после очень большого числа циклов.

С.Козел

Задача 4. Проволочный куб

В семь ребер проволочного куба впаяны одинаковые резисторы сопротивлением R каждый (рис.3). Сопротивления проводников в остальных ребрах пренебрежимо малы. Между клеммами A и B приложено напряжение U.

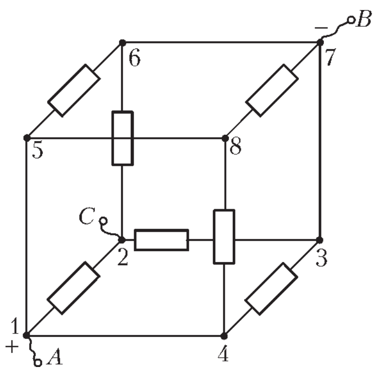

Рис. 3

1) Найдите силу тока I_{AB} и сопротивление куба R_{AB} между клеммами A и B.

2) Определите, в каком из ребер куба сила тока максимальна и чему она равна.

3) Укажите, в каких резисторах выделяется максимальная тепловая мощность и чему она равна.

4) Пусть теперь напряжение U приложено между клеммами A и C. Определите силу тока I_{AC} и сопротивление R_{AC}.

М.Замятнин

Задача 5. Составной цилиндр

Цилиндр составлен из двух сочлененных отрезков труб и закреплен так, что его ось симметрии вертикальна. Снизу к цилиндру прижата заслонка, которая полностью закрывает первую трубу. Чтобы удерживать заслонку в прижатом состоянии, к ней снизу нужно прикладывать силу $F \geq F_0$. После того как в цилиндр налили V_0 литров воды, минимальная сила, необходимая для удержания заслонки в прижатом состоянии, возросла в два раза. Когда в цилиндр налили еще V_0 литров воды, минимальная сила возросла еще в два раза. Наконец, когда в цилиндр добавили $V_0/3$ литров воды, минимальная сила возросла еще на F_0, а цилиндр оказался полностью заполнен.

1) Вычислите отношение $S_1 : S_2$ площадей нижней и верхней труб.

2) Вычислите отношение $L_1 : L_2$ длин нижней и верхней труб.

С.Варламов

10 класс

Задача 1. Шарик в сосуде с водой

Деревянный и металлический шарики связаны нитью и прикреплены одной нитью ко дну сосуда с водой. Сосуд вращается с постоянной угловой скоростью вокруг вертикальной оси OO'. В результате шарики, оставаясь полностью в воде, расположились так, как показано на рисунке 4. Деревянный шарик *1* находится от оси вращения на расстоянии втрое меньшем, чем металлический шарик *2*. Верхняя нить составляет угол α ($\sin\alpha = 4/5$) с вертикалью. Угол между нитями равен $90°$. Размеры шариков малы по сравнению с их расстояниями до оси вращения.

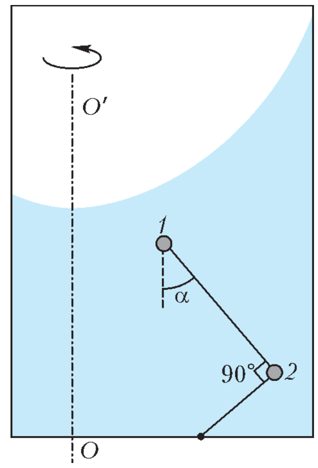

Рис. 4

1) Под каким углом к вертикали направлена сила Архимеда, действующая на деревянный шарик? Дайте объяснение.

2) Найдите отношение сил натяжения верхней и нижней нитей.

В.Чивилёв

Задача 2. Тепловая машина

Гигантский айсберг массой $m = 9 \cdot 10^8$ кг (куб $100 \times 100 \times 100$ м), имеющий температуру $T_2 = 273$ К, дрейфует в течении Гольфстрим, температура воды которого $T_1 = 295$ К.

1) Пренебрегая прямым теплообменом между айсбергом и теплой водой, найдите максимальную работу тепловой машины (рис.5), использующей Гольфстрим в качестве

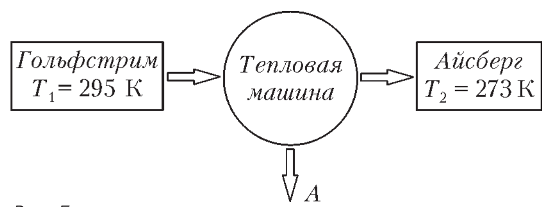

Рис. 5

нагревателя и айсберг в качестве холодильника, за то время, пока весь айсберг не растает.

2) Определите, сколько воды можно испарить в котле за счет работы, найденной в первом пункте, если использовать ее в тепловом насосе (рис.6) для «перекачки» тепловой

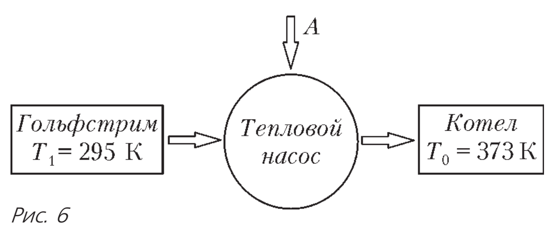

Рис. 6

энергии из течения Гольфстрим в котел с температурой $T_0 = 373$ К.

Удельная теплота плавления льда $q = 3{,}35 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплота испарения воды

$$\lambda = 2{,}26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}.$$

Э.Прут

Задача 3. Адиабатический процесс

В цилиндрическом сосуде объемом $2V_0$ под тяжелым поршнем находится одноатомный идеальный газ при температуре T_0 и давлении $p_0/2$, занимающий объем V_0. Над поршнем вакуум. Внизу в сосуде имеется небольшое отверстие, перекрытое краном. Снаружи пространство заполнено тем же газом при давлении p_0 и температуре T_0. Сосуд теплоизолирован. Кран приоткрывают так, что поршень медленно поднимается вверх, и после того, как давления внутри и снаружи выравниваются, кран закрывают. Определите температуру газа после закрытия крана.

А.Аполонский

Задача 4. Слоистый диэлектрик

Плоский конденсатор с расстоянием между обкладками d подсоединен к источнику постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E}$ (рис.7).

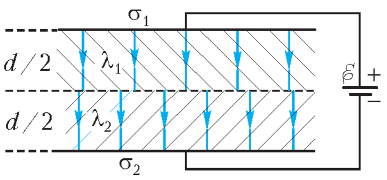

Рис. 7

Конденсатор заполнен двумя слоями слабопроводящих сред с разными значениями проводимости λ_1 и λ_2. Оба слоя находятся в электрическом контакте между собой и с пластинами конденсатора, толщина каждого слоя $d/2$, диэлектрическая проницаемость обоих слоев $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 1$. Найдите:

1) поверхностные плотности σ_1 и σ_2 зарядов на пластинах конденсатора;

2) поверхностную плотность σ заряда в плоскости контакта слоев.

Примечание. Удельная проводимость – это величина, обратная удельному сопротивлению: $\lambda = 1/\rho$.

М.Проскурин

Задача 5. Перезарядка конденсаторов

Имеются два заряженных конденсатора емкостями $C_1 = 18$ мкФ и $C_2 = 19$ мкФ. Напряжения на конденсаторах равны $U_1 = 76$ В и $U_2 = 190$ В соответственно. Третий конденсатор с неизвестной емкостью C подсоединен к конденсатору емкостью C_2 (рис.8). Ключ K перекидывают из правого положения в левое, а после перезарядки конденсаторов возвращают в исходное положение. Известно, что после выполнения 44 таких циклов разность напряжений $(U_2 - U_1)_{44}$ составила 1% от первоначальной разности $(U_2 - U_1)_0$.

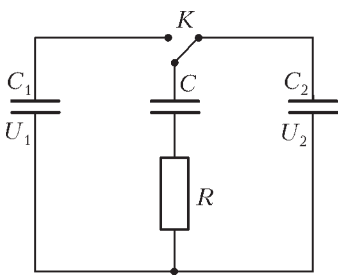

Рис. 8

1) Чему равна емкость C?

2) Какое напряжение U_∞ установится на конденсаторах после большого числа циклов?

3) Какая тепловая энергия выделится на резисторе R после большого числа циклов?

С.Козел

11 класс

Задача 1. Трифилярный маятник

Массивное кольцо подвешено на трех тонких вертикальных нитях длиной L каждая (рис.9).

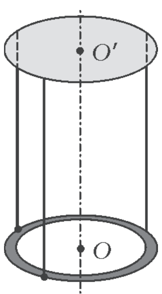

Рис. 9

1) Определите период малых крутильных колебаний кольца относительно оси OO'.

2) На сколько изменится период крутильных колебаний, если в центре кольца (точка O) при помощи легких спиц расположить тело малых размеров (материальную точку), масса которого равна массе кольца?

Указание. При $\alpha \ll 1$ можно использовать приближенное выражение $\cos\alpha \approx 1 - \alpha^2/2$.

С.Козел

Задача 2. Заряженная частица в соленоиде

На рисунке 10 изображено сечение длинной прямой катушки (соленоида), радиус витков которой $r = 10$ см. Число витков катушки на 1 метр длины равно $n = 500$ м$^{-1}$. По виткам катушки протекает постоянный ток $I = 0{,}1$ А (по часовой стрелке). Через зазор между витками в точке A в катушку влетает заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов $U = 10^3$ В. Скорость частицы в точке A направлена вдоль радиуса соленоида. Частица движется внутри соленоида в плоскости, перпендикулярной его оси, и вылетает из соленоида в точке C, расположенной под углом $\alpha = 60°$ к первоначальному направлению движения. Определите:

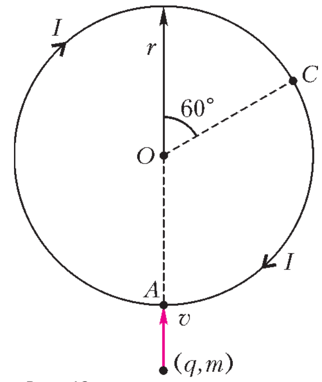

Рис. 10

1) знак заряда частицы;

2) радиус кривизны траектории частицы внутри соленоида;

3) удельный заряд частицы (т.е. отношение модуля заряда частицы к ее массе).

Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

С.Козел

Задача 3. Устойчивость поршня

Закрытый снизу тонкостенный цилиндр длиной $L = 1{,}50$ м установлен вертикально. В верхней части он соединен с другим цилиндром, значительно большим по диаметру (рис.11). В нижнем цилиндре на расстоянии $h_1 = 380$ мм от верхнего края расположен тонкий легкий поршень. Над поршнем находится слой ртути высотой $h_1 + \Delta h$, где $\Delta h \ll h_1$, ниже поршня – гелий под давлением $p_1 = p_0 + \rho_\text{р} g h_1$, где $p_0 = 760$ мм рт.ст. – атмосферное давление, $\rho_\text{р} = 13{,}6$ г/см^3 – плотность ртути. Из-за большой разницы диаметров цилиндров изменением Δh можно пренебречь при смещениях поршня по всей длине нижнего цилиндра. Из условия задачи следует, что поршень находится в равновесии. Является ли это положение равновесия устойчивым? Существуют ли другие положения равновесия? Если есть, то при каких расстояниях h_i от поршня до верхнего края? Являются ли эти положения равновесия устойчивыми? Можно считать, что при малых изменениях объема под поршнем температура гелия остается постоянной.

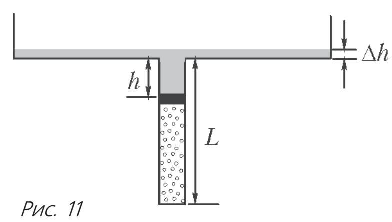

Рис. 11

С.Кармазин

Задача 4. Конденсатор с утечкой

Плоский конденсатор емкостью C_0 заполнен слабопроводящей слоистой средой с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 1$, удельное сопротивление которой зависит от расстояния x до одной из пластин по закону $\rho = \rho_0\left(1 + \dfrac{2x}{d}\right)$, где d – расстояние между пластинами конденсатора. Конденсатор подключен к батарее с напряжением U_0 (рис.12). Найдите:

1) силу тока, протекающего через конденсатор;

2) заряды нижней (q_1) и верхней (q_2) пластин конденсатора;

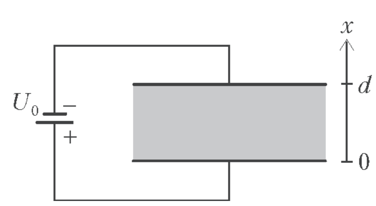

Рис. 12

3) заряд q внутри конденсатора (т.е. в среде между пластинами);

4) электрическую энергию $W_э$, запасенную в конденсаторе.

М.Проскурин

Задача 5. Плоский световод

Вблизи левого торца хорошо отполированной прозрачной пластины, показатель преломления которой n, расположен точечный источник света S (рис.13). Толщина пластины $H = 1$ см, ее длина $L = 100$ см. Свет от источника падает на левый торец пластины под всевозможными углами падения $(0-90°)$. В глаз наблюдателя попадают как прямые лучи от источника, так и лучи, многократно испытавшие полное отражение на боковых гранях пластины.

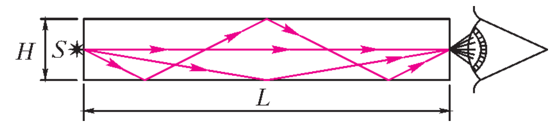

Рис. 13

1) Какое максимальное число отражений может испытать луч от источника, выходящий через правый торец пластины? Решите задачу для двух значений коэффициента преломления: $n_1 = 1{,}73$; $n_2 = 1{,}3$.

2) Укажите, в каком из этих двух случаев свет частично выходит из пластины через боковые грани.

С.Козел

ДИПЛОМАНТЫ ОЛИМПИАДЫ

Диплом победителя

по 9 классам получили

Денисов Артем – Владивосток, школа 23,
Дегтяренко Антон – Владивосток, школа 48,
Маслов Иван – Челябинск, лицей 31,
Великанов Максим – Екатеринбург, СУНЦ,
Кошелев Ярослав – Снежинск, гимназия 127,
Блинов Роман – Вологда, многопрофильный лицей;

по 10 классам –

Вартанян Надежда – Смоленск, педагогический лицей-интернат имени Кирилла и Мефодия,
Бушмин Иван – Долгопрудный, гимназия 12,
Гинзбург Лев – Москва, СУНЦ МГУ,
Ивашковский Иван – Москва, лицей 1581,
Приходько Иван – Москва, гимназия 1567,
Френклах Давид – Долгопрудный, лицей 5;

по 11 классам –

Паринов Данила – Москва, СУНЦ МГУ,
Аникин Евгений – Москва, Центр образования «Пятьдесят седьмая школа»,
Арзамасский Лев – Калининград, лицей 23,
Сопенко Никита – Тамбов, лицей 14.

Диплом призера

по 9 классам получили

Агафонов Александр – Пермь, школа 146,
Бурдина Анастасия – Пермь, школа 146,
Данько Алексей – Воронеж, лицей 1,
Дидин Максим – Переславль-Залесский, гимназия,
Лебедев Роман – Бийск, лицей-интернат,
Кондратьев Артем – Ижевск, лицей 29,
Фасалов Андрей – Магнитогорск, школа 5,
Ключиков Евгений – Владивосток, школа 23,
Подлесный Максим – Дубна, лицей «Дубна»,
Вишняков Павел – Москва, школа 2007,
Малахов Артем – Курск, школа 6,
Ленков Григорий – Сосновый Бор, лицей 8,
Мажник Ефим – Барнаул, гимназия 22,
Хабаров Максим – Санкт-Петербург, физико-математический лицей 30,
Капцан Арсентий – Магнитогорск, школа 5,
Пещеренко Николай – Пермь, школа 146,
Шевнин Дмитрий – Киров, физико-математический лицей,
Корякин Илья – Новосибирск, лицей 130 имени академика М.А.Лаврентьева,
Краскевич Игорь – Москва, лицей 1568,
Савищев Дмитрий – Москва, школа 463 имени Героя Советского Союза Д.Н.Медведева,
Туманов Владислав – Новосибирск, лицей 130 имени академика М.А.Лаврентьева,
Абубакиров Денис – Петропавловск-Камчатский, школа 33,
Поздняков Сергей – Москва, школа 1189,
Моклев Вячеслав – Ленинградская обл., Коммунарская школа 1,
Погодаев Леонид – Раменское, гимназия,
Серов Юрий – Санкт-Петербург, лицей «Физико-техническая школа»,
Табачников Эдуард – Рязань, школа 44;

по 10 классам –

Крошнин Алексей – Архангельск, лицей 17,
Жукова Мария – Бийск, лицей-интернат,
Слободсков Игорь – Юбилейный , гимназия 3,
Васильева Александра – Москва, лицей «Вторая школа»,
Евсеев Олег – Москва, лицей «Вторая школа»,
Логинов Николай – Саров, лицей 15,
Млодик Михаил – Нижний Новгород, лицей 40,
Мосиевский Анатолий – Бийск, лицей-интернат,
Погорелов Иван – Москва, гимназия 1514,
Красник Павел – Бийск, лицей-интернат,
Седов Александр – Ульяновск, лицей 40,
Фещенко Илья – Москва, школа 1189,
Широбоков Михаил – Архангельск, лицей имени М.В.Ломоносова,
Зыков Никита – Озерск, лицей 39,
Терехов Антон – Санкт-Петербург, физико-математический лицей 239,
Ширкин Михаил – Раменское , гимназия,
Кибкало Владислав – Саров, гимназия 2,
Кулеш Иван – Псков, технический лицей,
Меняйлов Михаил – Жуковский, лицей 14,
Никитин Денис – Санкт-Петербург, физико-математический лицей 239,
Козлов Даниил – Иркутск, лицей 2,
Лисицын Сергей – Озерск , лицей 39,
Гальковский Егор – Санкт-Петербург, лицей 533,
Маслов Артем – Санкт-Петербург, лицей «Физико-техническая школа»,
Поляков Георгий – Белгород, лицей 38,
Силин Игорь – Пермь, школа 146,
Виноходов Егор – Санкт-Петербург, лицей «Физико-техническая школа»,
Дедович Сергей – Дубна, лицей «Дубна»,
Лялин Феликс – Югра, гимназия,
Маракулин Роман – Киров, физико-математический лицей,

Соболев Константин – Киров, физико-математический лицей;

по 11 классам –
Асташкин Роман – Королев, лицей научно-инженерного профиля,
Билинский Юрий – Белебей, гимназия 1,
Перепечкин Илья – Москва, СУНЦ МГУ,
Грингауз Александр – Москва, лицей 1557,
Астраханцев Никита – Красноярск, лицей 102 имени академика М.Ф.Решетнёва,
Заночкин Андрей – Саров, лицей 15,
Голоколенов Илья – Югра, физико-математический лицей-интернат,
Заливако Илья – Москва, лицей 1523,
Ноян Алексей – Москва, Центр образования 654 имени А.Д.Фридмана,
Цыбров Федор – Сыктывкар, гимназия 1,
Декань Валентин – Тверь, школа 20,
Лучников Илья – Киров, лицей 21,
Радкевич Алексей – Москва, гимназия 1534,
Чурилов Антон – Ефремов, физико-математический лицей,
Шель Егор – Москва, СУНЦ МГУ,
Гонин Роман – Раменское, гимназия,
Костарев Виталий – Снежинск, гимназия 127,
Прокофьев Вадим – Рязань, школа 3,
Семенов Владимир – Вологда, многопрофильный лицей,
Ушаков Александр – Королев, лицей научно-инженерного профиля,
Авдеев Иван – Санкт-Петербург, лицей «Физико-техническая школа»,
Бегун Александр – Владивосток, школа 35,
Головешкин Александр – Москва, лицей 1303,
Кулагин Антон – Томск, лицей при ТПУ,
Козлов Иван – Москва, лицей «Вторая школа»,
Паньков Александр – Пермь, школа 9 имени А.С.Пушкина.

Публикацию подготовили
С.Козел, В.Слободянин

LII Международная математическая олимпиада

LII Международная математическая олимпиада прошла с 13 по 24 июля 2011 года в столице Нидерландов городе Амстердаме. Она запомнилась участникам великолепной организацией, интересными экскурсиями, яркими и необычными церемониями открытия и закрытия и, конечно, трудными и интересными задачами. Олимпиада стала одной из самых представительных в истории ММО: в ней приняли участие более 550 участников из более 100 стран мира.

В команду России вошли четверо выпускников: *Ольга Бурова* из Москвы (лицей «Вторая школа»), *Дмитрий Егоров* из Санкт-Петербурга (ФМЛ 239), *Алексей Пахарев* из Ульяновска (СУНЦ МГУ), *Александр Циглер* из Магнитогорска (школа 5), десятиклассник *Михаил Григорьев* из Казани (лицей 131) и девятиклассник *Дмитрий Крачун* из Санкт-Петербурга (ФМЛ 239). Состав команды был достаточно ровный, что и подтвердили результаты олимпиады. Наша сборная завоевала 2 золотых и 4 серебряных медали и традиционно вошла в число лучших команд мира.

Как и в прошлом году, подготовка команды России к ММО завершалась на летних учебно-тренировочных сборах, проходивших с 19 июня по 12 июля в детском лагере «КОМПЬЮТЕРиЯ» (Тверская область). Пользуясь случаем, выражаем благодарность руководству лагеря и персонально *А.А.Андрееву* за обеспечение наиболее благоприятных условий для организации сборов. Большой вклад в успешное выступление команды внесли преподаватели сборов: аспирант Института системного анализа к.ф.-м.н. *А.В. Акопян*, педагог ФМЛ 239 Санкт-Петербурга к.ф.-м.н. *С.Л. Берлов*, младший научный сотрудник, преподаватель МГУ и МФТИ к.ф.-м.н. *А.И. Гарбер*, сотрудник университета Браунсвилль к.ф.-м.н. *А.А.Глазырин*, педагог дополнительного образования Санкт-Петербурга *А.С. Голованов*, профессор Ярославского государственного университета д.ф.-м.н. *В.Л. Дольников*, аспирант Ярославского государственного университета *Г.Р.Челноков*.

Публикуем результаты выступления команды России (каждая задача оценивалась из 7 баллов). Подробную информацию о результатах на международных математических олимпиадах можно найти на официальном сайте олимпиады www.imo-official.com.

Команда России на LII Международной математической олимпиаде. Слева направо: М.Григорьев, О.Бурова, А.Циглер, А.Пахарев, Д.Крачун. Д.Егоров не принял участие в торжественном закрытии – ему пришлось уехать раньше, чтобы участвовать в Международной олимпиаде по информатике

Участник	Баллы по задачам						Сумма баллов	Медаль
	1	2	3	4	5	6		
Бурова Ольга	7	1	2	7	7	1	25	серебряная
Егоров Дмитрий	7	4	1	7	7	0	26	серебряная
Григорьев Михаил	7	1	7	7	7	1	30	золотая
Крачун Дмитрий	7	1	3	7	7	1	26	серебряная